

智能地钉预警系统中传感器融合技术的优化研究

王梓丞¹ 肖子瑞¹ 冒嘉婕² 赵君豪³ 叶鸣丰³

1. 南京工程学院能源与动力工程学院 江苏省南京市 211100

2. 南京工程学院通信与人工智能学院、集成电路学院 江苏省南京市 211100

3. 南京工程学院电力工程学院、沈国荣学院 江苏省南京市 211100

摘要: 随着城市化进程的加快和基础设施建设的不断发展,地钉作为支撑建筑物和道路安全的关键部件,其稳定性和可靠性备受关注。然而,地钉的失效往往会导致严重的后果,如建筑物倒塌、道路塌陷等。为了保障公共安全和基础设施的稳定运行,智能地钉预警系统的研发显得尤为重要。在智能地钉预警系统中,传感器融合技术是实现高精度监测和预警的关键。本文探讨了智能地钉预警系统中传感器融合技术的应用问题及优化策略,通过对多种传感器数据的融合,提高预警系统的准确性和可靠性。分析了当前应用中存在的问题,并提出了相应的优化措施,为智能地钉预警系统的发展提供了有益的参考。

关键词: 智能地钉预警系统;传感器融合技术;优化策略

智能地钉预警系统通过多种传感器对地钉的应力、应变、温度等参数进行实时监测,以实现地对钉状态的全面了解。然而,在实际应用中,单一传感器往往难以满足高精度、高可靠性的要求。因此,将多种传感器数据进行融合,形成综合信息,对于提高预警系统的性能具有重要意义。本文分析了当前智能地钉预警系统中传感器融合技术的应用现状,指出了存在的问题,并提出了相应的优化策略。

1. 智能地钉预警系统中传感器融合技术的概述

1.1 数据融合的层次和模型

传感器融合技术是一种将多个传感器获取的信息进行综合处理,以提高系统整体性能的技术。在智能地钉预警系统中,数据层包括各个传感器获取的原始数据,如温度、压力、振动等。特征层对原始数据进行预处理,提取有用的特征信息,如特征提取、特征选择等。决策层根据特征信息进行决策,实现对地钉状态的判断和预警。应用层将决策结果应用于实际系统中,如自动报警、实时监控等。数据融合模型主要有以下几种:(1)级联模型:将传感器数据逐级融合,直至达到决策层。(2)并行模型:多个传感器同时融合,实现快速、高效的数据处理。(3)分层模型:根据传感器类型和功能进行分层,实现层次化的数据融合。

1.2 常用的传感器融合算法

通过对传感器数据进行加权平均,减小噪声和误差,

提高数据精度。利用随机采样方法,对传感器数据进行融合,适用于非线性和非高斯分布的情况。根据传感器精度和可靠性,对数据进行加权平均,提高融合结果的准确性。通过降维处理,提取主要特征,提高数据融合效果。利用神经网络强大的非线性映射能力,对传感器数据进行融合。

2. 智能地钉预警系统中传感器融合技术的应用问题

2.1 传感器数据的准确性和可靠性问题

2.1.1 传感器误差的来源和影响

传感器本身的固有误差包括传感器设计、制造、材料等因素引起的误差;传感器安装位置、角度、紧固程度等因素导致的误差;传感器信号在传输过程中受到干扰,如电磁干扰、温度变化等;由于数据采集设备、软件等因素引起的误差^[1]。误差较大的传感器会导致预警系统对地钉状态的判断出现偏差,从而影响预警效果;传感器误差较大时,需要频繁更换或校准传感器,增加系统维护成本;传感器误差可能导致预警系统在某些情况下无法正常工作,降低系统可靠性。

2.1.2 环境因素对传感器数据的干扰

环境因素主要包括温度、湿度、振动、电磁干扰等,这些因素对传感器数据的准确性产生干扰。温度变化可能导致传感器性能下降,从而影响数据准确性;湿度较高时,可能导致传感器表面形成水膜,影响传感器性能;振动可能导致传感器信号失真,影响数据准确性;电磁干扰可能导致传

传感器信号失真,影响数据准确性。

2.2 传感器融合算法的局限性

2.2.1 算法的复杂度和计算资源需求

传感器融合算法往往涉及到复杂的数学模型和计算过程,如卡尔曼滤波、粒子滤波等。这些算法在实际应用中需要消耗大量的计算资源,尤其是在实时性要求较高的地钉预警系统中。随着传感器数量的增加,算法的复杂度和计算资源需求将呈指数增长,给系统的实时性和稳定性带来挑战^[2]。如何降低算法复杂度,提高计算效率,成为传感器融合技术在实际应用中的关键问题。

2.2.2 算法的适应性和鲁棒性问题

传感器融合算法的适应性和鲁棒性是指算法在不同环境、不同传感器性能以及不同数据质量条件下仍能保持良好的性能。然而,在实际应用中,由于传感器长期工作或外界环境变化,导致传感器输出数据发生漂移,影响融合效果^[3]。传感器可能因故障、噪声等因素产生异常数据,影响融合算法的准确性。在实际应用中,传感器类型和性能可能存在较大差异,算法需要适应不同传感器的特点。

2.3 系统集成和兼容性问题

2.3.1 不同传感器之间的接口和通信协议

由于市场上存在多种传感器品牌和型号,它们的接口设计可能各不相同,导致不同传感器之间的物理连接存在兼容性问题。传感器可能采用不同的通信协议(如 Modbus、TCP/IP、CAN 等),这些协议之间的差异使得数据交换和传输变得复杂,增加了系统集成的难度。不同传感器输出的数据格式可能不一致,导致在系统集成过程中需要进行数据格式转换,增加了数据处理复杂度。

2.3.2 传感器与预警系统其他部分的集成难度

传感器需要与预警系统的其他部分(如数据处理单元、控制单元等)进行集成,而各部分之间的接口和通信协议可能不一致,使得系统集成过程复杂化。由于接口不统一、通信协议不统一等因素,系统集成过程中可能需要额外的硬件和软件支持,增加了系统集成成本。系统集成过程中可能需要解决各种兼容性问题,导致系统集成周期延长。

3. 智能地钉预警系统中传感器融合技术的优化策略

3.1 提高传感器数据的质量和可靠性

3.1.1 传感器的选型和校准

选择合适的传感器是保证数据质量的基础。应根据地

钉预警系统的具体需求,综合考虑传感器的测量范围、精度、抗干扰能力等因素,选择合适的传感器类型。例如,在测量地钉位移时,可以选择位移传感器;在监测地钉温度时,则可以选择温度传感器。为确保传感器数据的准确性,必须定期对传感器进行校准。校准过程中,需使用标准设备对传感器进行测量,并记录实际测量值与标准值之间的差异,以此调整传感器的测量参数。此外,校准过程中还应关注传感器的稳定性,避免因长时间使用导致测量误差增大。

3.1.2 数据预处理和滤波技术

在传感器数据传输过程中,可能会受到噪声、干扰等因素的影响,导致数据质量下降。因此,在传感器数据融合前,需进行数据预处理。删除异常数据、重复数据等无效数据;将不同传感器的数据转换为同一量纲,便于后续融合;对缺失数据进行插补,保证数据完整性。滤波技术可以有效去除传感器数据中的噪声和干扰,提高数据质量。通过对一定时间段内的数据进行平均处理,去除短期波动,保留长期趋势;将数据按大小排序,取中位数作为滤波后的数据,有效去除噪声;卡尔曼滤波根据系统动态模型和观测数据,估计系统状态,实现滤波和预测。

3.2 改进传感器融合算法

3.2.1 优化算法的性能和效率

针对传感器数据量大的特点,通过优化算法,减少数据预处理和融合处理的时间,提高算法的实时性。例如,采用快速傅里叶变换(FFT)对传感器信号进行快速处理,减少计算量。在保证融合效果的前提下,降低算法的计算复杂度,减少计算资源消耗。例如,采用简化的加权平均算法,减少参数计算量。针对传感器网络,优化数据传输和存储策略,提高数据传输效率和存储空间利用率。例如,采用数据压缩技术,减少数据传输量。在传感器融合过程中,提高算法的抗干扰能力,减少外部因素对融合效果的影响。例如,采用自适应滤波技术,降低噪声干扰。

3.2.2 结合机器学习和人工智能技术

利用机器学习算法对传感器数据进行特征提取和分类,提高融合效果。例如,采用支持向量机(SVM)、神经网络(NN)等算法,对传感器数据进行分类和预测。运用深度学习技术对传感器数据进行特征提取和融合,提高算法的准确性和鲁棒性。例如,采用卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等深度学习模型,对传感器数据进行特征提

取和融合。将人工智能算法应用于传感器融合，实现智能决策和优化。例如，采用强化学习算法，使系统根据实时环境动态调整融合策略，提高预警系统的性能。结合多种传感器数据，提高融合效果。例如，将加速度传感器、温度传感器、压力传感器等数据进行融合，实现更全面的环境监测。

3.3. 增强系统的集成和兼容性

3.3.1 统一传感器接口和通信标准

制定一套标准化的传感器接口规范，确保不同传感器之间能够无缝连接，实现数据的实时传输和交换。优化通信协议，提高数据传输的可靠性和稳定性，降低通信延迟，确保传感器数据的实时性。引入物联网（IoT）技术，实现传感器与中心控制系统之间的远程监控和管理，提高系统的智能化水平。

3.3.2 进行系统的整体优化和测试

对系统进行模块化设计，将传感器融合、数据处理、预警发布等环节进行合理划分，提高系统可维护性和可扩展性。采用先进的算法对传感器数据进行融合处理，提高预警的准确性和可靠性。定期对系统进行性能测试，包括传感器数据采集、处理、传输和预警发布等环节，确保系统稳定运

行。建立完善的故障诊断和预警系统，及时发现并解决系统中的潜在问题，降低系统故障率。加强与相关领域的专家和技术团队的交流合作，共同推动智能地钉预警系统的技术进步和创新发展。

4. 结论

传感器融合技术是提高智能地钉预警系统性能的关键。针对现有传感器融合技术存在的问题，提出了优化策略，包括优化传感器布局、改进融合算法、提高数据处理速度等。随着技术的不断发展和完善，智能地钉预警系统将在保障公共安全和基础设施稳定运行方面发挥越来越重要的作用。

参考文献：

- [1] 胡志斌. 基于不完全信息的多传感器随机系统的融合滤波研究 [D]. 哈尔滨理工大学, 2023.
- [2] 钟岳, 徐峰, 张纬华. 基于深度矩阵分解的无人感知系统信号补全方法研究 [J]. 汽车工程学报, 2024, 14(05): 801–811.
- [3] 崔康吉, 余亮. 基于多传感器融合的服务器散热节能算法研究 [J]. 南方农机, 2023, 54(22): 31–34.